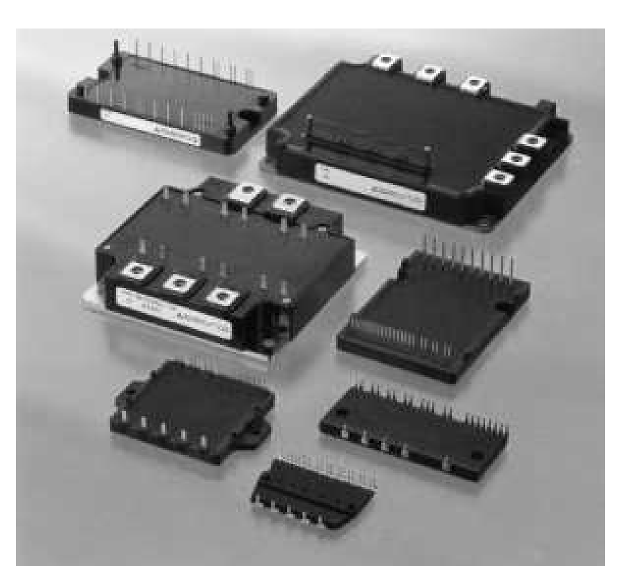


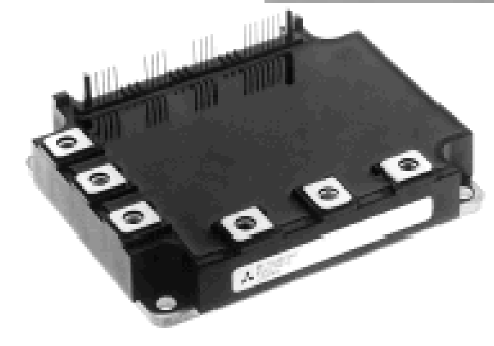


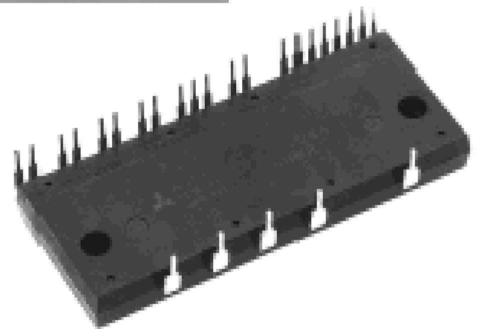
三菱電機

IPM（智能功率模块）应用手册

Intelligent Power Modules Application Manual





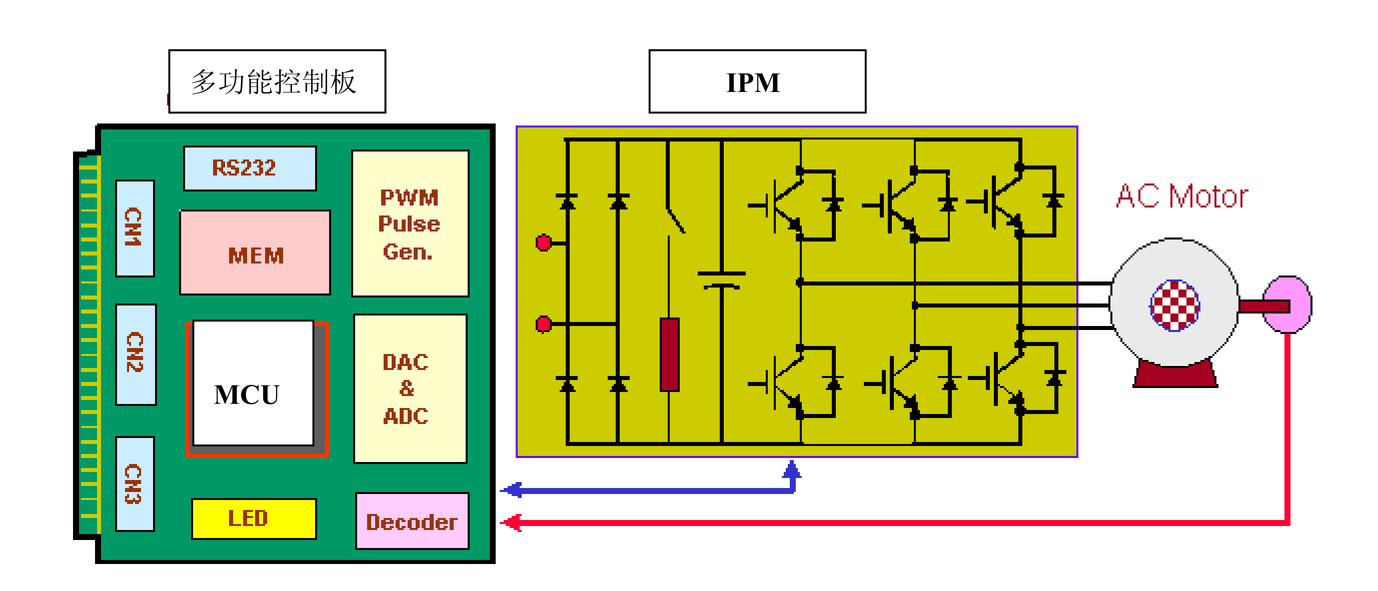


T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

目录

T：021-64764189 F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

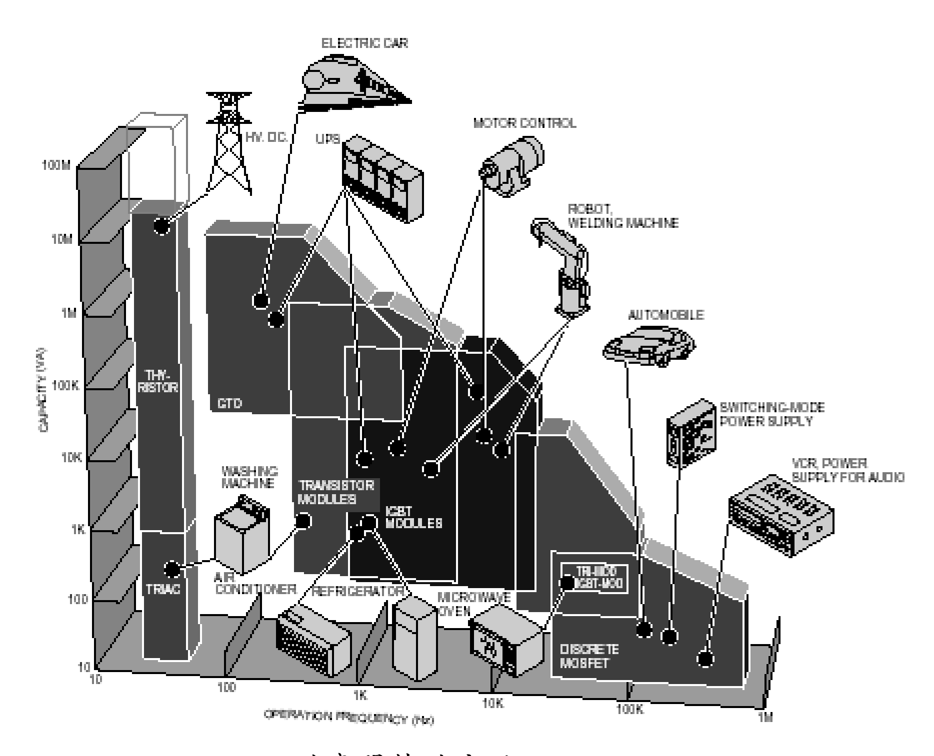


T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

1. 引言:

把 MOS 管技术引入功率半导体器件的思想开创了革命性的器件：绝缘栅双极晶体管 IGBT。她正在影响着工业，消费，军事等电力电子系统。

随着 IGBT 的工作频率在 20KHZ 的硬开关及更高的软开关应用中，我们已然把她代替了 MOSFET 和 GTR。



功率器件的应用

IGBT 的发展使集外围电路内置于一块功率模块的 IPM 脱颖而出。IPM 已被用于无噪声逆变器，低噪声 UPS 系统和伺服控制器等设备上。IPM 使用户产品的体积减小，缩短上市时间，简化开发步骤。因为她内含：栅极驱动，短路保护，过流保护，过热保护和欠压锁定。

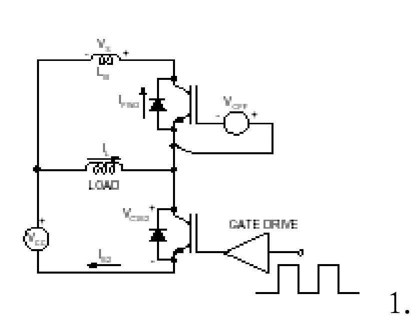
T：021-64764189　　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

2　　IPM（智能功率模块）的一般认识

2.1功率电路之设计

a．关断浪涌

关断浪涌电压是在关断瞬间流过IGBT 的电流时产生的瞬态高压。



1.

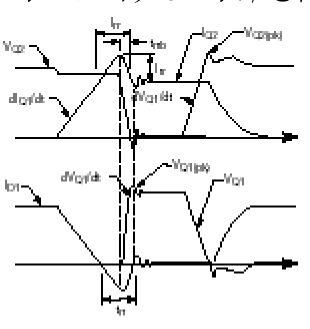

2.

图 1 是半桥感性负载电路，图 2 是它的波形。

下面的 IGBT 由一组脉冲来控制导通和关断。每当下臂导通电流都将增加。当该 IGBT 关断时，负载电流不能立即变化，由上臂续流二极管导通。如果电路是理想的（不存在寄生电感），关断时下臂上的电压将上升，直到比母线电压高出一个压降值。上臂的续流二极管随后导通以防止电压进一步上升。但实际电路中必有寄生电感（Lp），且增加的电压 $V_P=L_P \times di/dt$, 这个电压与电源电源电压叠加并以浪涌形式加在下臂 IGBT 的两端，在极端情况下可能因超过 V_{CES} 而损坏。

b．续流二极管的恢复浪涌

当续流二极管恢复时会产生与关断浪涌电压相似的浪涌电压。

当下臂 IGBT 开通时，续流管电流转移到下臂 IGBT 而下降。而当恢复时，线路中的寄生电感产生一个浪涌电压 $L_P \times di/dt$.

c．接地回路

当控制信号（栅极驱动）与主电流共用一个电流路径时会导致接地回路。由于主回路有很高的 di/dt，至使在具有寄生电感的功率回路产生感应电压，而导致可能感应到栅极把本来截止的 IGBT 导通。下图描述了避免接地回路的噪声。

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

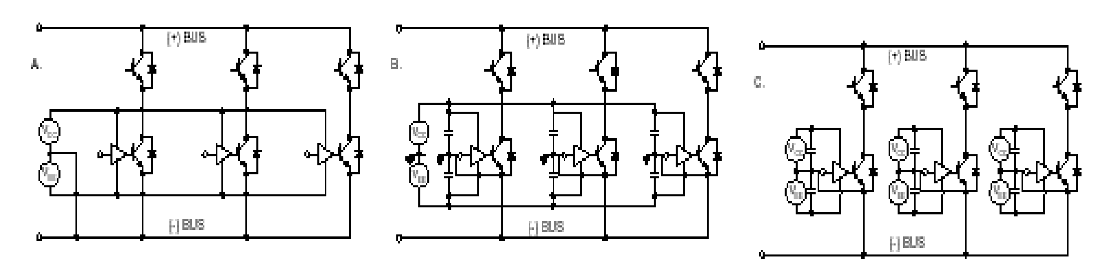
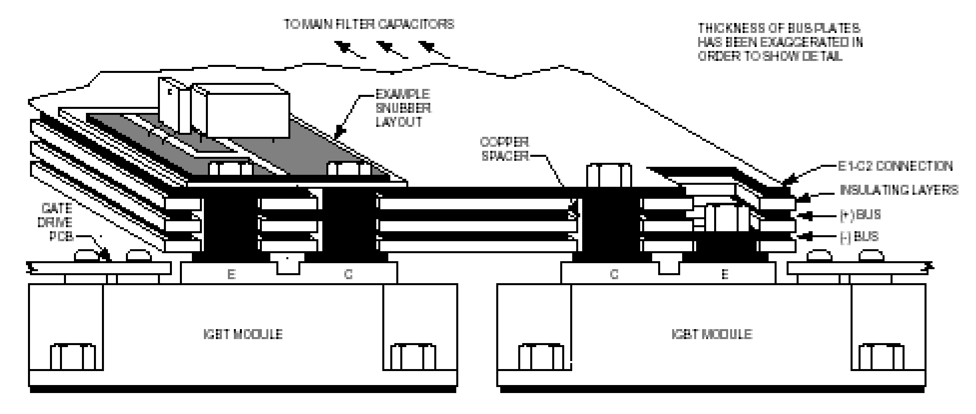


图 A：这种电路适合于小电流六合一封装的模块。
图 B：这种电路适合于 200A 额定电流的模块。（下臂栅极电源独立）
图 C：超过 300A 的模块推荐使用。

d. 减小功率电路之电感

浪涌电压与寄生电感 LP 成正比。

所以在大电流模块的使用中更要降低回路电感。

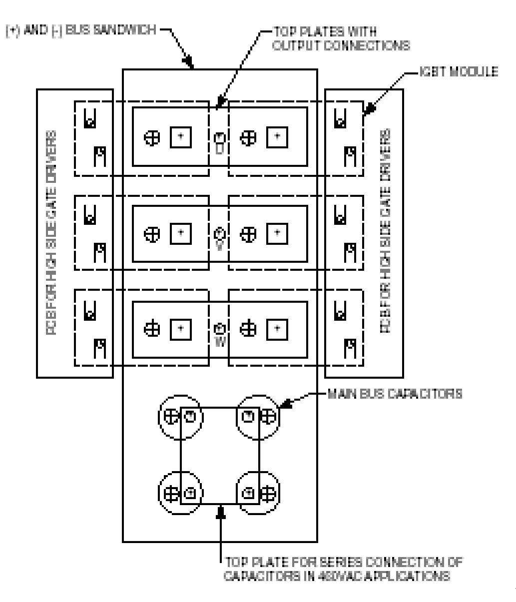


迭层母线结构横截面图（极板放大以示细节）

2.2. 吸收电路之设计

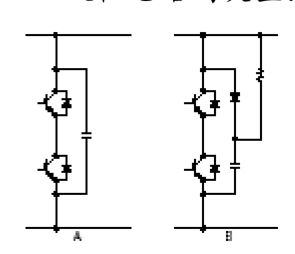
吸收电路用以控制关断浪涌电压和续流二极管恢复浪涌电压。

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



大电流三相变频器主回路布局

a. 吸收电路的类型:



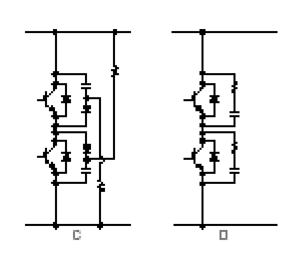


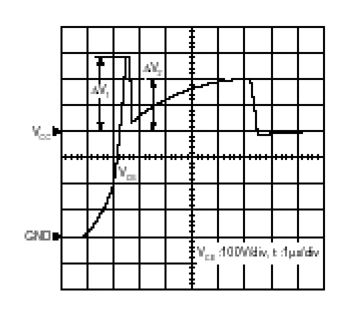
图 A: 由一个低感电容跨接在 C1E2 间，六合一的模块接在 PN 之间。

图 B: 该二极管箝住瞬变电压，抑制谐振。RC 时间常数应为开关周期的约为 1/3（τ=T/3=1/3f）.

图 C: 大电流应用电路。

图 D: 能有效控制瞬变电压，寄生震荡及噪音。不过高频应用欠佳。

b. 吸收电感的作用:



此图中ΔV=Ls×di/dt（关断电压波形）

Ls=吸收电路的寄生电感; di/dt=关断瞬间或恢复瞬间的 di/dt

由此可见大功率 IGBT 电路必须采用低感吸收电路。

c. 母线电感的作用:

设初试浪涌后随着吸收电容的充电，第二次瞬间电压为ΔV2

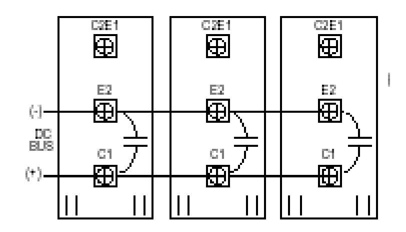
T: 021-64764189　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

则：$1/2L_P I^2=1/2C\Delta V2^2$ （P=母线电感，I=工作电流，C=吸收电容；ΔV2=吸收电容峰值；）

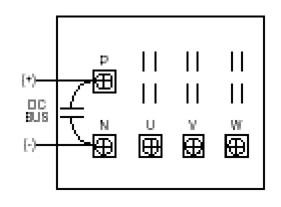
则 $C=LPI^2/\Delta V2^2$

d. 关于功率电路和吸收电路的几点建议

因为电容量和母线电感成正比，所以降低母线电感就能减少吸收电容。




双单元模块吸收电路



六，七单元模块吸收电路

Module Type	Suggested Design Values				
	Main Bus	Snubber Type (Figure)	Snubber Loop Inductance	Snubber Capacitor Value	Snubber Diode
10A-50A 6-Pack and 7-Pack Types	200nH	3.7B	20nH	0.1-0.47μF	n/a
75A-200A 6-Pack and 7-Pack Types	100nH	3.7B	20nH	0.6-2.0μF	n/a
50A-200A Dual Types	100nH	3.7A	20nH	0.47-2.0μF	n/a
300A-600A Dual Types*	50nH	3.7A	20nH	3.0-6.0μF	n/a
200-300A Single Types	50nH	3.5C	30nH-15nH	0.47μF	600V: RM50HG-12S 1200V: RM25HG-24S
400A Single Type	50nH	3.5C	12nH	1.0μF	600V: RM50HG-12S 1200V: RM25HG-24S (2 Parallel) 1400V, 1700V: RM35HG-34S (2 Parallel)
600A-1000A Single Type	50nH	3.5C	8nH	2.0μF	600V: RM50HG-12S (2 Parallel) 1200V: RM25HG-24S (3 Parallel) 1400V: RM35HG-34S (3 Parallel)

推荐吸收电路取值表

2.3. 功耗设计

a. 功耗估算

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

通态损耗:

*通态总功耗=饱和压降*通态电流。*

在感性负载中，可以近似的通过 VFM*续流二极管平均电流值来计算续流二极管功耗。

开关功耗:

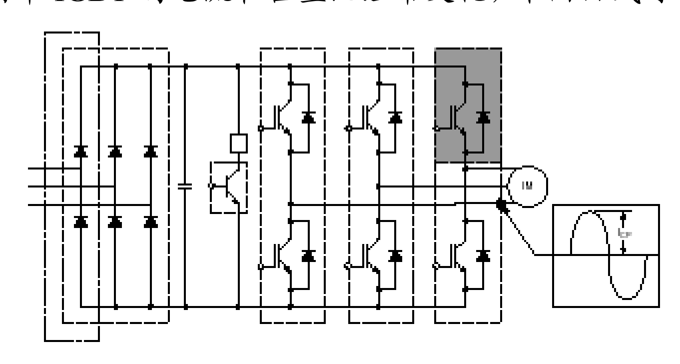
当 PWM 信号频率高于 5KHZ 时功耗会显著增加。

得到最精确的方法是测量 IC 和 VCE 的波形。将此波形逐点相乘即得到功耗的瞬时波形，此波形是以焦耳/脉冲为单位的开关能量，该面积用作图积分来计算。总开关功耗是开通及关断的功耗之和。平均功耗是单脉冲开关能量与 PWM 频率相乘得到的。

即：$P_{SW}=F_{PWM}\times(E_{SW}(on)+E_{SW}(OFF))$

b. VVVF 变频器功耗计算

在变频器应用中 IGBT 的电流和占空比经常变化，下面公式可以应用时估算。



通用变频器主电路及输出波形

A. IGBT 的功耗

$$P_{SS}=I_{CP}\cdot V_{CE}(SAT)\cdot\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin^2X\cdot\frac{1+\sin(x+\theta)\cdot D}{2}dx=I_{CP}\cdot V_{CE(SAT)}\cdot\left(\frac{1}{8}+\frac{D}{3\pi}\cos\theta\right)$$

B.每一个 IGBT 开关的损耗

$$P_{SW}=(E_{SW(on)}+E_{SW(off)})\cdot f_{SW}\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin x\,dx=(E_{SW(on)}+E_{SW(off)})\cdot f_{SW}\frac{1}{\pi}$$

C. 每一个 IGBT 的总功耗

$$P_Q=P_{SS}+P_{SW}$$

D. 二极管功耗

$$P_{DC}=I_{EP}\cdot V_{EC}\cdot\left(\frac{1}{8}-\frac{D}{3\pi}\cos\theta\right)$$

E. 每一臂的功耗

$$P_A=P_Q+P_D=P_{SS}+P_{SW}+P_{DC}+P_{rr}$$

T: 021-64764189 F: 021-64764189

http://jia-shang.nease.net

Email: stephenku@vip.sina.com

符号注释:

$E_{SW}(on)$: T=125ºC;峰值电流 ICP 下，每个脉冲对应的 IGBT 开通能量。

E_{SW}（off）: T=125ºC; 峰值电流 ICP 下，每个脉冲对应的 IGBT 关断能量。

F_{SW}: 变频器每臂的 PWM 开关频率（通常 FSW=FC）。

I_{CP}: 正弦输出的电流峰值。

V_{CE}（sat）:T=125ºC;峰值电流 ICP 下，IGBT 的饱和电压。

V_{EC}: IEP 情况下，续流二极管的正向压降。

D: PWM 信号占空比。

θ: 输出电压与电流间的相位角。（功率因数=COSθ）

c. 平均结温的估算

IGBT 的最大结温是 150ºC，在任何情况下都不能超过该值。

$$T_j = T_C + P_T \times R_{th(j-c)}$$

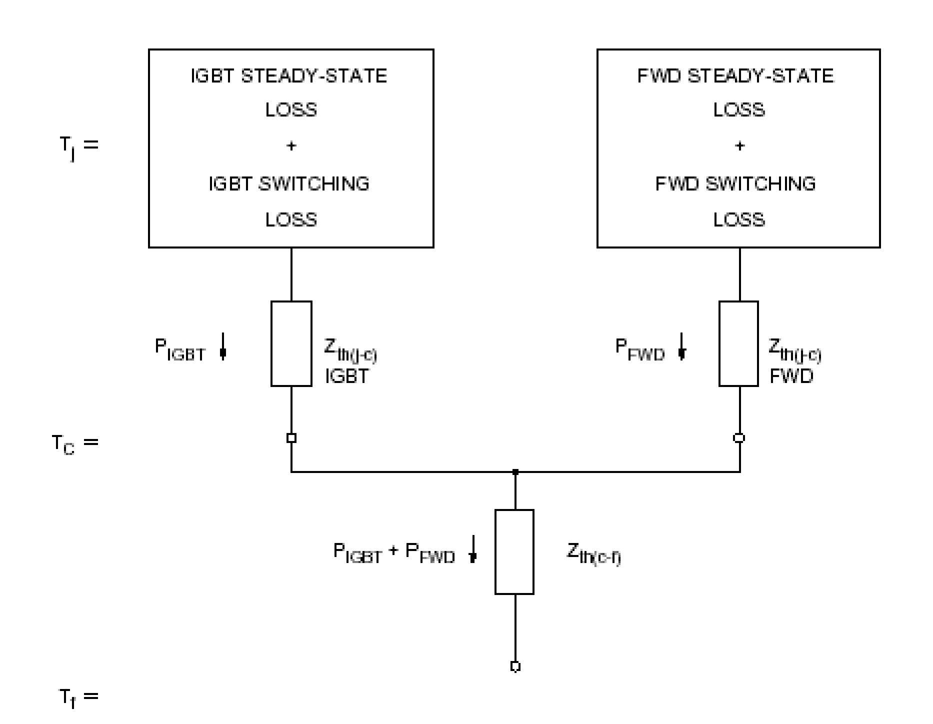
Rth 可以在数据手册中查到。

Rth(j-c)=标定的结壳热阻。

T_J=半导体结温。

P_T=器件的总平均功耗（PSW+PSS）

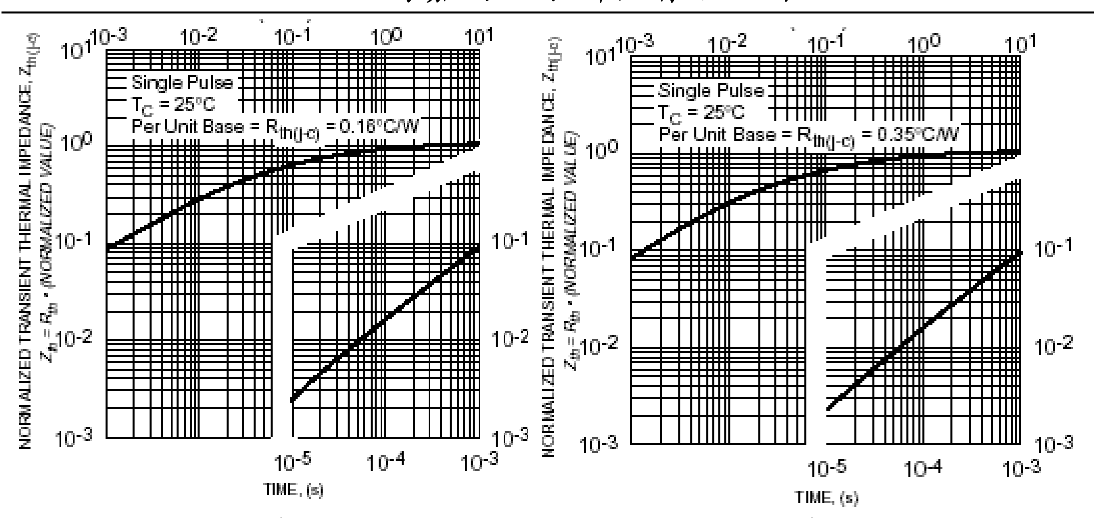
T_C=模块的基板温度。



热计算方法

d. 瞬态结温升的计算

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



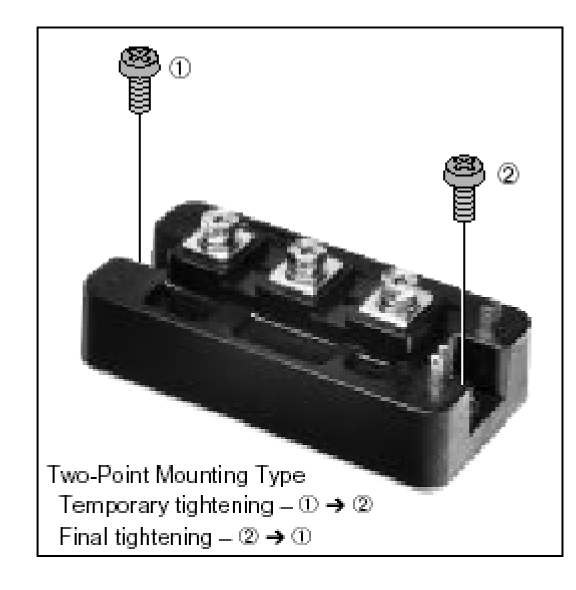
瞬态热阻特性（IGBT 部分）　　　　瞬态热阻特性（FWD 部分）

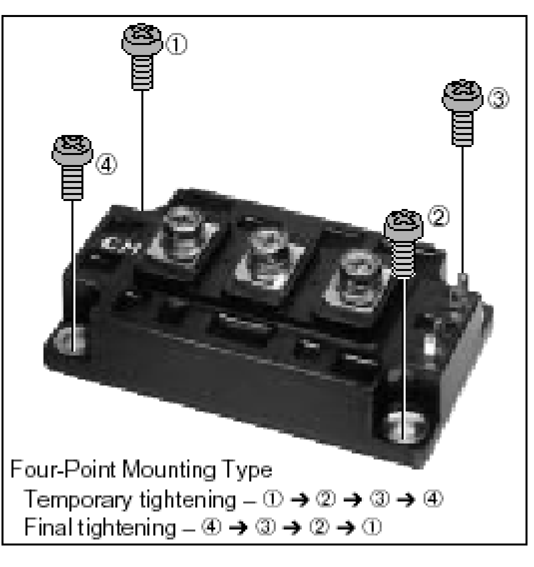
e. 散热器的安装

请在散热器表面使用导热膏脂。

安装时应受力均匀，避免用力过度而损坏，按下图顺序操作。

推荐导热膏制造商	型号
Shinetsu	G746
Dow corning	DC340
Power Device inc	Therm.-strate

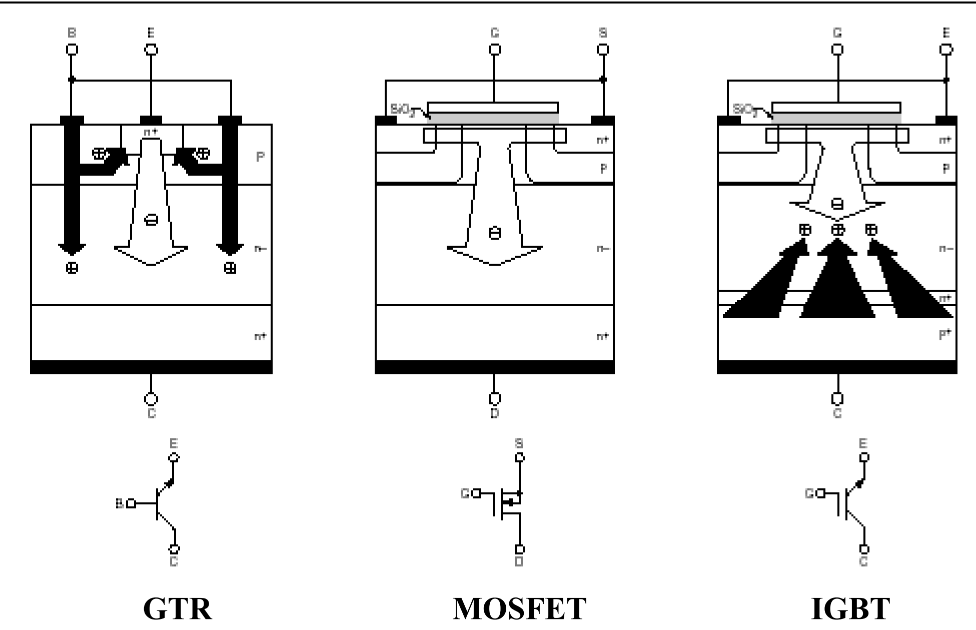




3. IGBT 的使用

3.1 IGBT 模块的结构和工作原理

T: 021-64764189　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



GTR **MOSFET** **IGBT**

IGBT 是通过栅极驱动电压来控制的开关晶体管， 工作原理同 MOSFET 相似，区别在于 IGBT 是电导调制来降低通态损耗。

3.2. IGBT 模块的额定值和特性

a. 最大额定值

额定值是 IGBT,IPM 模块运行的绝对保证,所谓最大值是器件的极值,在任何情况下都不能超过其范围.

符号	参数	定义
VCES	集电发射极阻断电压	栅极-发射极短路时,允许的断态集-发极最高电压.
VGES	栅极-发射极电压	集-发短路时,允许的栅极-发射极最高电压.
IC	集电极电流	最大直流电流
ICM	集电极峰值电流	集电极极值
IE	FWD 电流	最大允许 FWD 直流电流
IEM	续流二极管峰值电流	最大允许 FWD 峰值电流
PC	集电极功耗	TC=25 度的情况下,每个 IGBT 开关最大也许的功率损耗.
Tj	结温	工作期间 IGBT 的结温
Tstg	储存温度	无电源供应下的允许温度
Viso	绝缘电压	基片与模块间最大绝缘电压.

a. 电气特性

ICES	集电极-发射极漏电流	VCE=VCES 和栅极-发射极短路条件下的 IC
VGE(th)	栅极-发射极阈值电压	VCE=10V 的条件下,栅极发射极电压.
IGES	栅极-发射极漏电流	VGE=VGES 和集电极-发射极短路条件下 IG
VCE(sat)	集电极-发射极饱和压降	IGBT 的通态电压

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

Cies	输入电容	集电极–发射极短路条件下栅极–发射极电容
Coes	输出电容	栅极–发射极短路条件下集电极–发射极电容
QG	栅极总电荷	VC=0.5 或 0.6Vces; 额定 IC; VGE=15V 条件下的栅极总电荷。
Id(on)	开通延迟时间	开关时间
tr(on)	开通上升时间	开关时间
Tf	关断下降时间	开关时间
Td(off)	关断延迟时间	开关时间
VEC	FWD 正向电压	在额定电流下的续流二极管正向电压
Trr	FWD 恢复时间	换流时续流二极管反向电压
Qrr	FWD 反向恢复电荷	额定电流和 di/dt=-1EM/us 下，续流二极管反向恢复电荷。

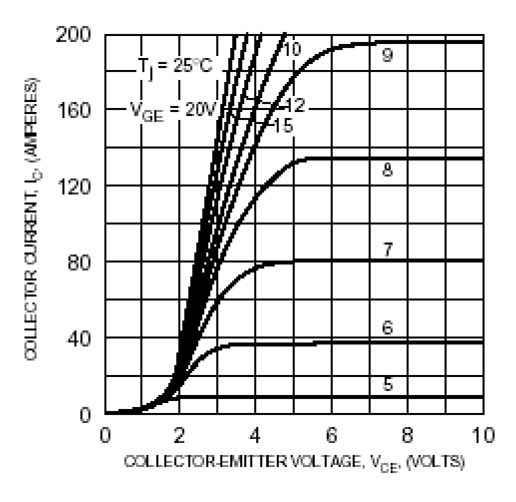
c. 热阻

符号	参数	定义
Rth(j-c)	结对外壳的热阻	每个开关管，结同外壳之间的热阻最大值。
Rth(c-f)	接触热阻	每个开关管外壳与散热器之间的热阻最大值。

3.3. 特性曲线

a. 输出特性

IGBT 的输出特性是指在一定的 VGE 值下，产生某一特定的 Ic 同 VCE 的相互关系。

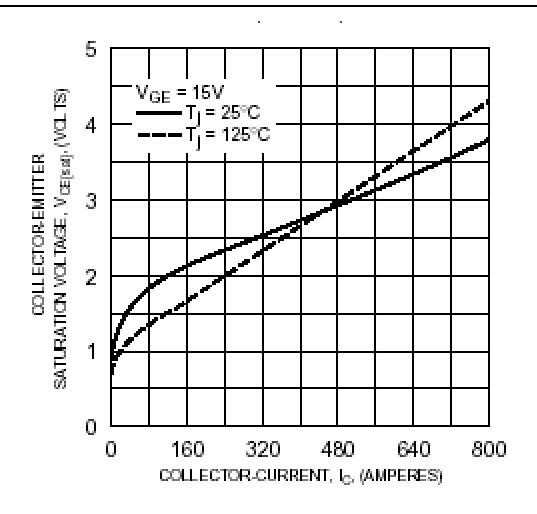


典型的输出特性

b. 饱和特性

*VCE(sat)IGBT 饱和压降是结温，集电极电流和栅极-发射极的函数。*VGE 的增加会加大沟道的电导，从而降低 VCE（sat）.

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



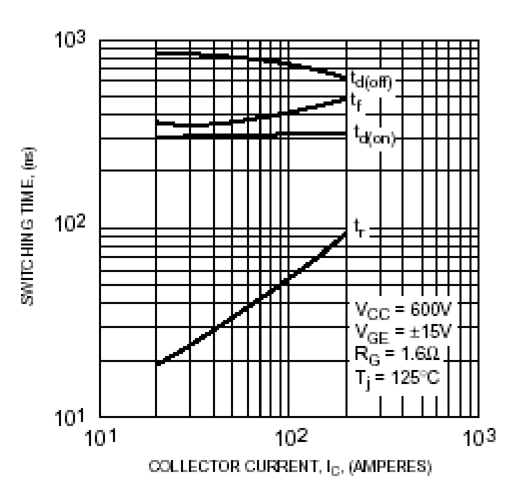
饱和压降与 Ic 的关系

c. 开关特性

开关时间:

$$T_{on}=t_{d(on)}+t_r;$$

$$T_{off}=t_{d(off)}+t_f;$$



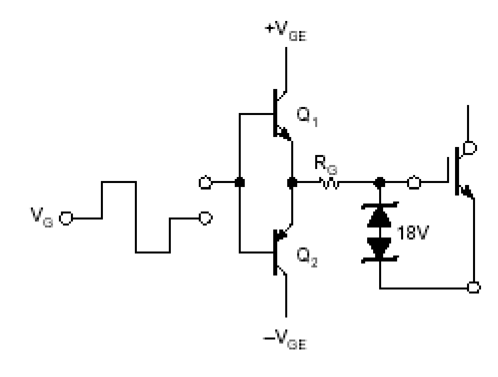
典型的半桥开关特性

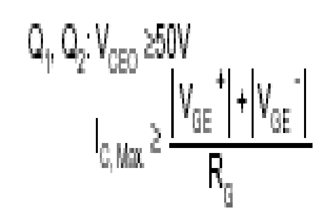
3.4 栅极驱动及模块的保护

a. 栅极驱动电压:

IGBT 需要栅极电压使集电极和发射极之导通。

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com





$$I_{C,Max} \geq \frac{|V_{GE}^{+}|+|V_{GE}^{-}|}{R_G}$$

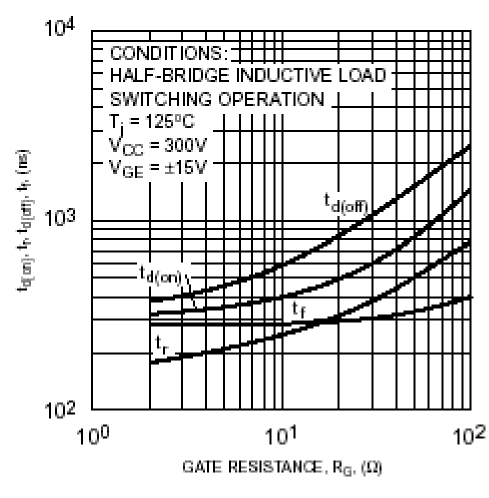
典型的 IGBT 栅极驱动电路

开通时建议用 15V ±10%的正栅极电压，该电压足以使 IGBT 完全饱和。在任何情况下不应超过（12V-20V）的范围。

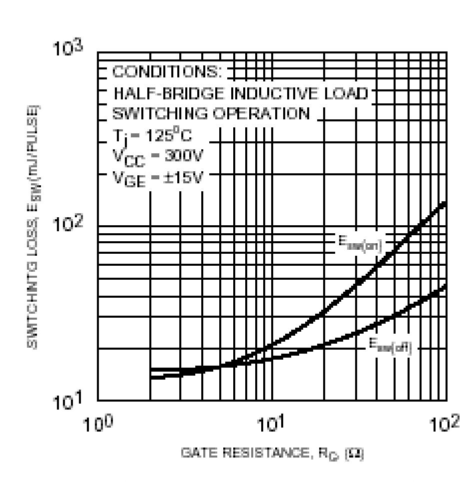
为了保证不会因为 di/dt 噪声产生误开通，故采用反偏压（-5V 至-15V）来作为关断电压。

b. 串联栅极电阻 RG

IGBT 的开通和关断是通过栅极电路的冲放电来实现的，数值较小的电阻使栅极电容的冲放电快，从而减小开关时间和开关损耗。



开关时间与栅极电阻的关系

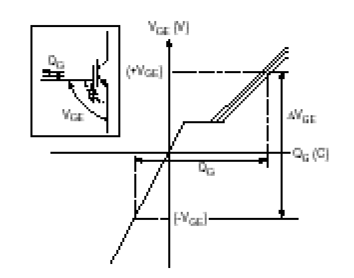


开关损耗与栅极电阻的关系

c. 栅极驱动功率要求

IGBT 的开关消耗栅极电源的功率，此功率受栅极驱动负，正偏压的差值ΔVGE，栅极总电荷 QG 和工作频率的影响。

T：021-64764189　　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



$I_G(pk) = \pm \dfrac{\Delta V_{GE}}{R_G}$　　　　$P_{AVG} = \Delta V_{GE} * Q_G * f$

IGBT 开关时的栅极总电荷　　　电源最小峰值　　　　电源的平均功率

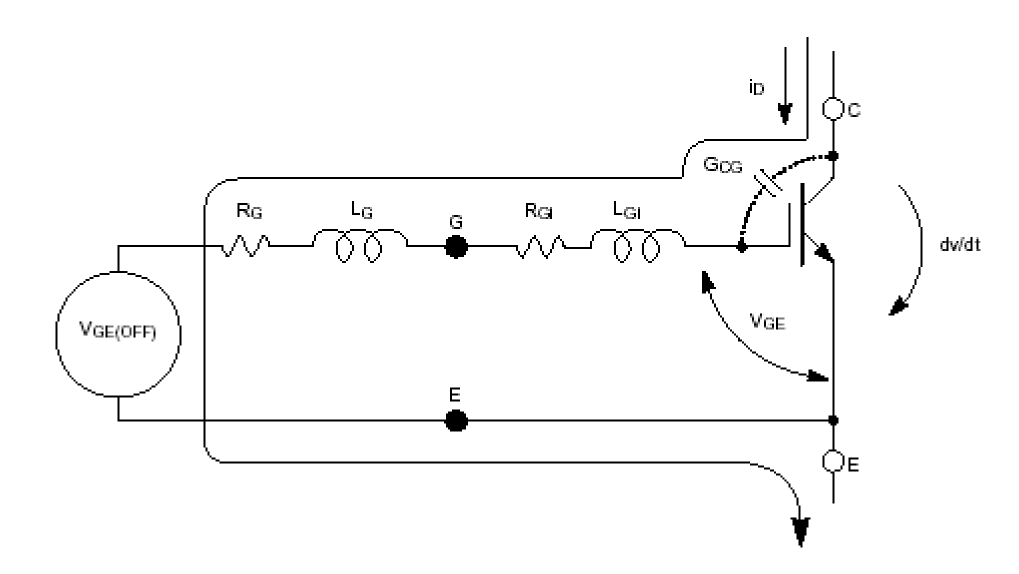
其中：$\Delta V_{GE} = V_{GE(on)} + | V_{GE(off)} |$　QG=栅极总电荷，F=开关频率；

d．栅极驱动布线的几点考虑：

栅极驱动布线对防止寄生震荡，减慢栅极电压的上升，减少噪声损耗，降低栅极欠压保护次数有重大影响。

e．dv/dt 的保护

关断时的 IGBT 由于反并联二极管的恢复过程其 dv/dt 在集电极与栅极间电容内产生电流，流向栅极驱动电路。

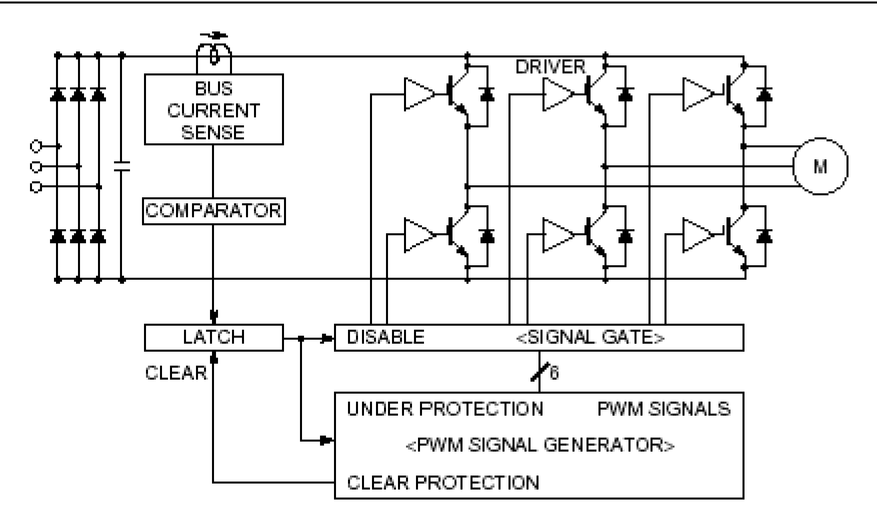


为了防止误导通必须在关断时加足够的负偏压，且 RG 为一个较低值，LG 应为最低值。

f．短路保护

一般的短路检测方式是电流传感法或 IGBT 欠饱和保护。

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

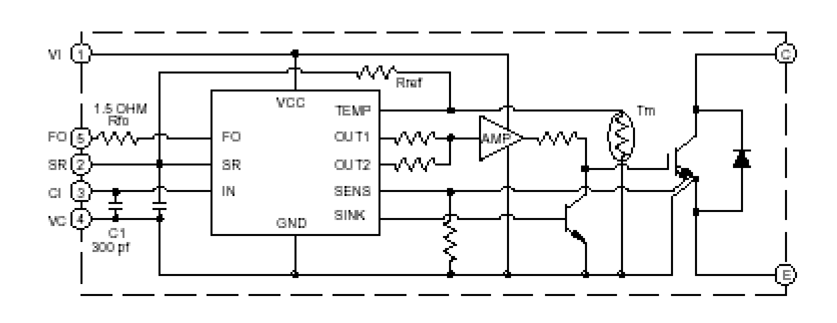


短路保护一般示例

4. IPM 智能功率模块的使用

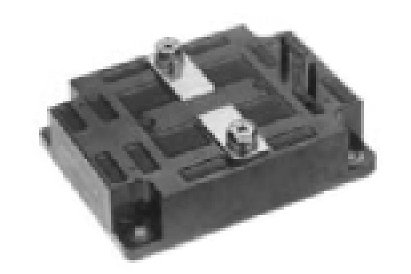
4. 1. IPM 的结构

IPM 模块有四种封装形式：单管封装，双管封装，六管封装和七管封装。以下是几种典型参照图。

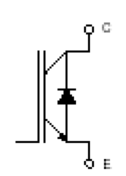


1 单元 **IPM** 原理图

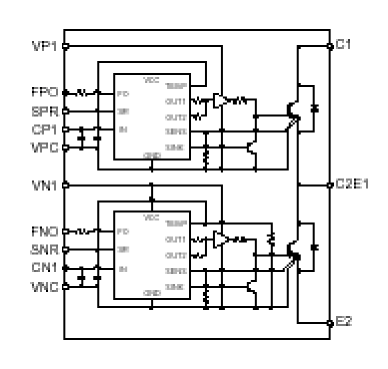
T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



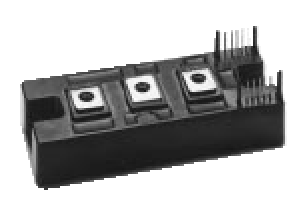
1 单元 **IPM** 封装



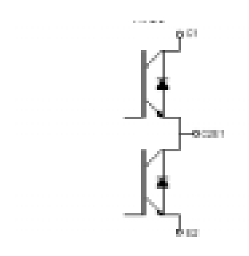
内置一个 **IGBT** 管



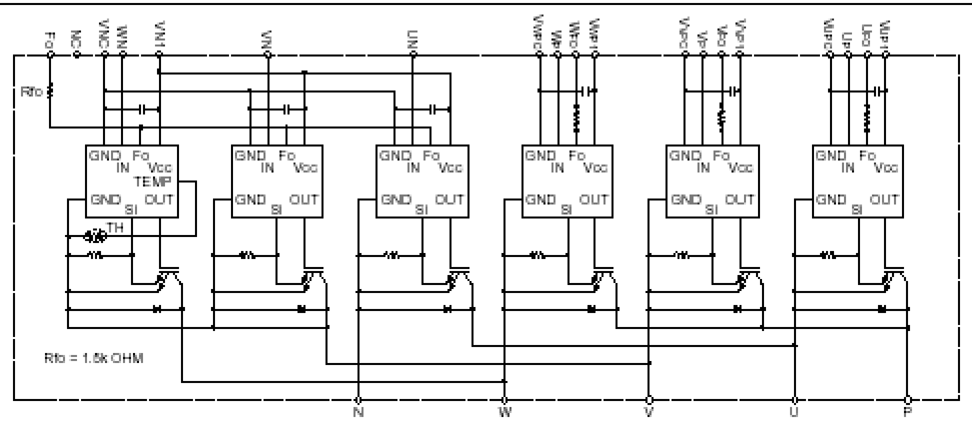
2 单元 **IPM** 原理图



2 单元 **IPM** 封装



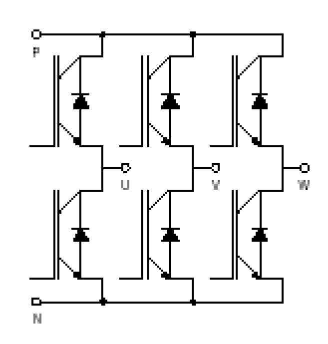
内置 2 个串联 **IGBT** 管



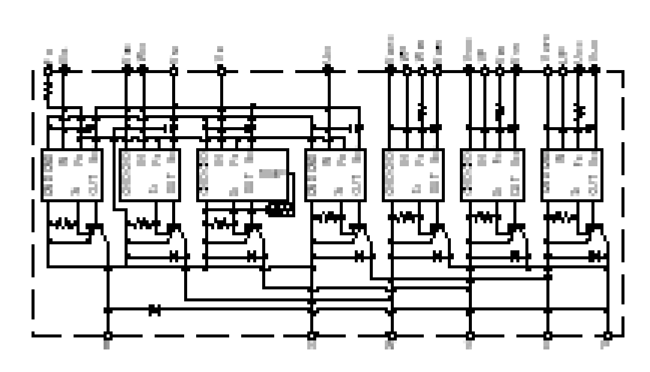
六单元 **IPM** 原理图



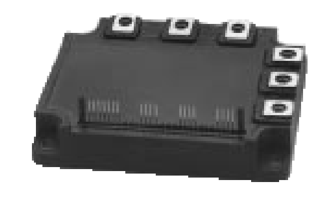
六单元 **IPM** 封装



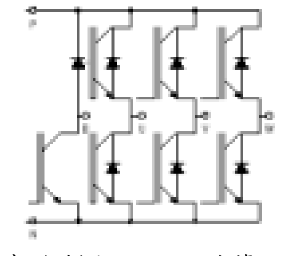
内置六单元 **IGBT**



七单元 **IPM** 原理图



七单元 **IPM** 封装

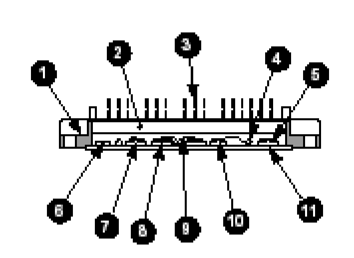


三相全桥加一只泻放管

a. 多层环氧树脂工艺

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

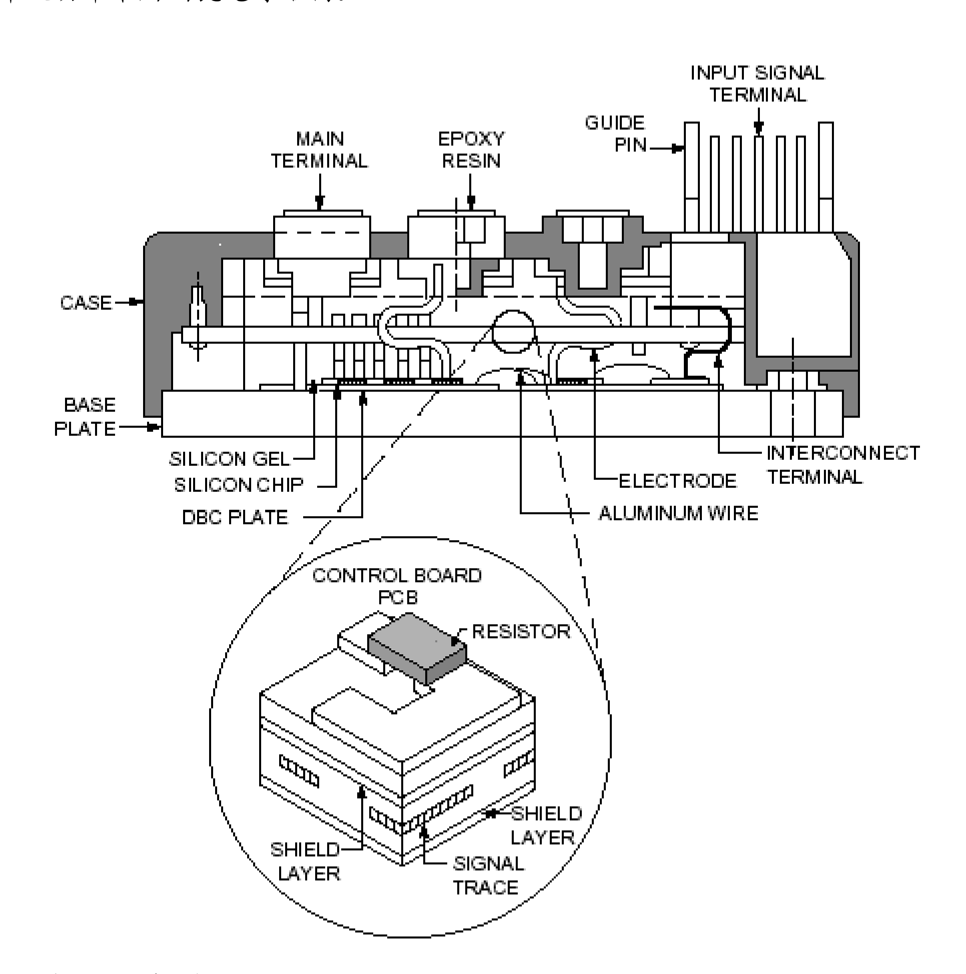
小功率 IPM 采用一种基于多层环氧树脂粘合的绝缘技术。



1. Case
2. Epoxy Resin
3. Input Signal Terminal
4. SMT Resistor
5. Gate Control IC
6. SMT Capacitor
7. IGBT Chip
8. Free-wheel Diode Chip
9. Bond Wire
10. Copper Block
11. Baseplate with Epoxy Based Isolation

b. 铜箔直接铸接工艺

中大功率采用陶瓷绝缘结构。



c. 智能功率模块的优点

智能功率模块 IPM（Intelligent Powr Module）不仅把功率开关器件和驱动电路集成在一起，而且还内藏有过电压，过电流和过热等故障检测电路，并可将检测信号送到 CPU 或 DSP 作中断处理。它由高速低工耗的管芯和优化的门级驱动电路以及快速保护电路构成。即使发生负载事故或使用不当，也可以 IPM 自身不受损坏。IPM 一般使用 IGBT 作为功率开关元件，并内藏电流传感器及驱动电路的集成结构。三菱 IPM 以其高可靠性，使用方便赢得越来越大的市场。

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

1）**开关速度快**。**IPM** 内的 **IGBT** 芯片都选用高速型，而且驱动电路紧靠 **IGBT** 芯片，驱动延时小，所以 **IPM** 开关速度快，损耗小。

2）**低功耗**。**IPM** 内部的 **IGBT** 导通压降低，开关速度快，故 **IPM** 功耗小。

3）**快速的过流保护**。**IPM** 实时检测 **IGBT** 电流，当发生严重过载或直接短路时，**IGBT** 将被软关断，同时送出一个故障信号。

4）**过热保护**。在靠近 **IGBT** 的绝缘基板上安装了一个温度传感器，当基板过热时，**IPM** 内部控制电路将截止栅级驱动，不响应输入控制信号。

5）**桥臂对管互锁**。在串联的桥臂上，上下桥臂的驱动信号互锁。有效防止上下臂同时导通。

6）**抗干扰能力强**。优化的门级驱动与 **IGBT** 集成，布局合理，无外部驱动线。

7）**驱动电源欠压保护**。当低于驱动控制电源（一般为 15V）就会造成驱动能力不够，增加导通损坏。**IPM** 自动检测驱动电源，当低于一定值超过 10μs 时，将截止驱动信号。

8）**IPM 内藏相关的外围电路**。缩短开发时间，加快产品上市。

9）**无须采取防静电措施**。

10） **大大减少了元件数目**。体积相应小。

4.2. IPM 额定值和特性

IPM 的数据手册分为三个部分:

最大额定值（在任何情况下都不能超过的极限值）- maximum ratings

电气特性,热特性和机械特性（供技术人员设计时参考）- characteristics(electrical, thermal, mechanical)

推荐工作条件（适用于大多应用）- recommended operating conditions

a. 最大额定值

逆变部分

符号	参数	定义
VCC	供电电压	加于 P-N 之间的最大直流母线电压
VCC(pp)	供电电压峰值	加于 P-N 之间的最大允许开关浪涌
VCES	集电极-发射极电压	关断时集电极到发射极最大允许峰值电压
±IC	集电极电流	TC=25℃时，最大允许集电极和 FWD 直流电流
±ICP	集电极电流峰值	TC=25℃时，最大允许集电极和 FWD 峰值电流
PC	集电极功耗	TC=25℃时，每一个开关 IGBT 的最大允许功耗
Tj	结温	工作时，IGBT 结温的允许范围

制动部分

VR(DC)	FWD 反向电压	续流二极管最大允许方向电压
IF	FWD 正向电压	TC=25℃时，续流二极管最大允许直流电流

控制部分

VD	供电电压	最大允许控制电压
VCIN	输入电压	输入脚 1 和地（C）之间最大允许电压
VFO	故障输出电压	FO 和地之间最大允许电压

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

IFO	故障输出电流	FO 的最大允许电流

总系统

VCC（PROT）	受 OC 和 SC 保护的供电电压	受 OC 和 SC 保护时，P-N 之间的最大允许母线电压
TC	模块外壳的工作温度	基板最大允许壳温
Tstg	存储温度	不加电压电流时保存温度
viso	绝缘耐压	基板和模块端子之间的最大绝缘耐压

热阻

Rth(j-c)	结壳之间的热阻	每一 IGBT 或 FWD 的结壳之间的最大热阻
Rth(c-f)	接触热阻	每一开关单元的外壳和散热片之间的最大热阻

b. 电气特性

逆变和制动部分

VCE(sat)	饱和压降	在规定条件下，IGBT 的通态电压
VEC	FWD 正向电压	FWD 正向电压
ton	开通时间	规定条件下，感性负载的开关时间
Trr	FWD 恢复时间	
Tc(on)	开通过度时间	
Toff	关断时间	
Tc(off)	关断过度时间	
ICES	集电极-发射极截止电流	VCE=VES 和规定条件下，断态集电极-发射极电流

控制部分

VD	供电电压	开关运行时，控制电源电压
ID	电路电流	待机时控制电源只电流
VCIN（on）	输入开通电压	小于此值则使 IPM 开通
VCIN（OFF）	输入关断电压	大于此值则使 IPM 关断
F(pwm)	载波频率	变频器的 PWM 运行范围
T(dead)	死区时间	为防止直通的延时信号
OC	过流动作数值	使过流保护的集电极电流
SC	短路动作数值	使短路保护的集电极电流
Toff	过流延迟时间	超过 OC 到过流保护的时间
Ot	过流保护数值	过流动作的基板温度
Otr	过流复位条件	为使过热故障复位必须降至此值以下
Uv	控制电源欠压条件	使欠压保护的控制电源电压
Uvr	控制电源欠压复位条件	为使欠压故障复位必须使电压超过此值
Ifo(H)	故障输出无效	
Ifo(L)	故障输出有效	低电平有效
Tfo	故障输出的脉宽	脉冲宽度
Vsxr	SXR 输出端子	用于驱动光耦的电压

c. 推荐工作条件

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

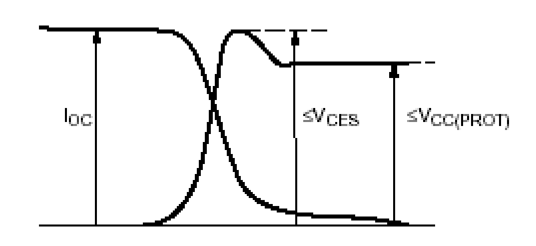
Vcc	主电源电压	推荐的直流母线电压
VD	控制电源电压	推荐控制电源范围
VCIn(ON)	输入开通电压	推荐的 IPM 开通的输入电压范围
Vcin(off)	输入关断电压	推荐的 IPM 关断的输入电压范围
F pwm	PWM 输入频率	推荐的 PWM 频率输入范围
Tdead	死区时间	上下臂信号间延迟时间

4.3. 安全工作区

IPM 内置栅极驱动电路和保护电路可以对超出 IGBT 安全工作区的运行模式加以保护以免模块受损。

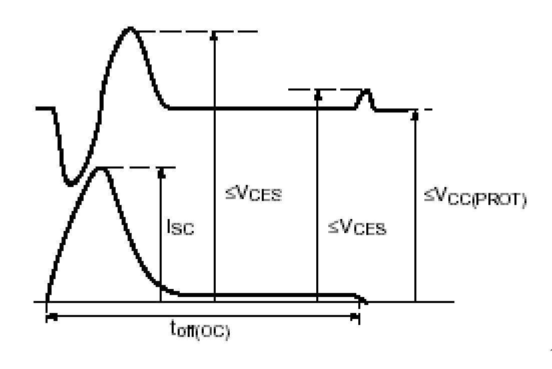
a. 开关安全工作区

开关安全工作区是重复关断运行时最大允许瞬时电压电流。



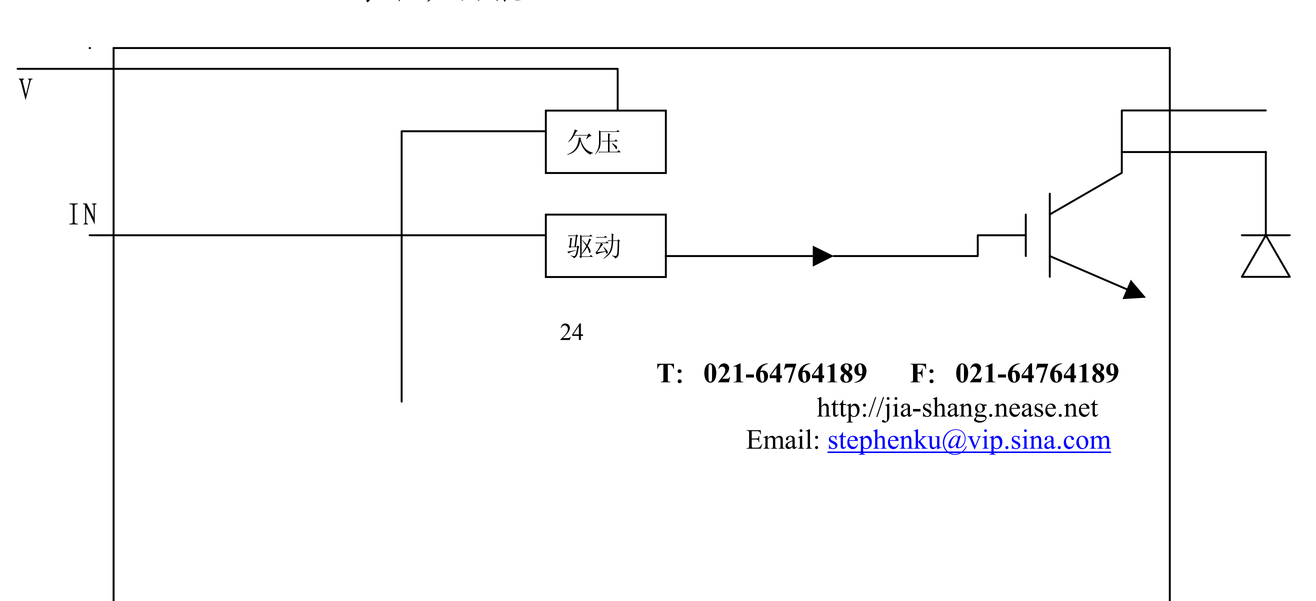
Ioc，VCES，Vcc，3 个指标根据数据手册都不超过其规定值则工作在安全工作区内。

b. 短路安全工作区

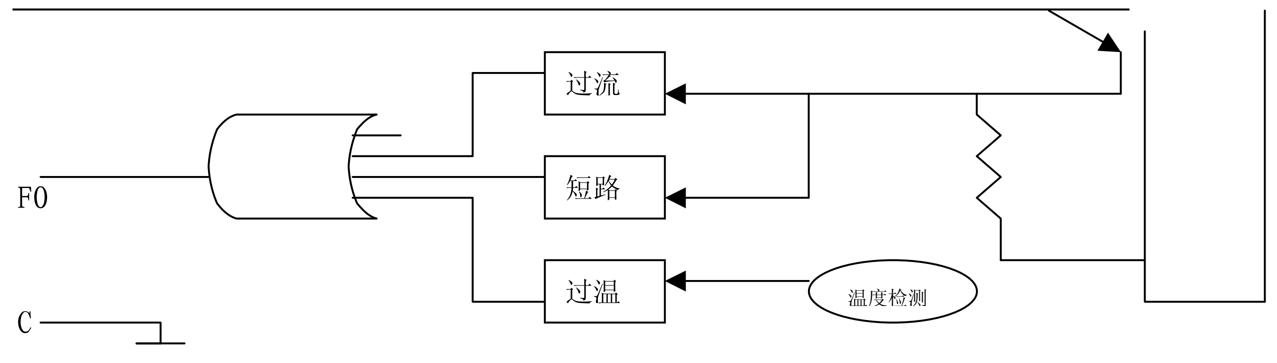


只要满足数据手册给出的技术指标一般不会损坏。

4.4. IPM 的保护功能



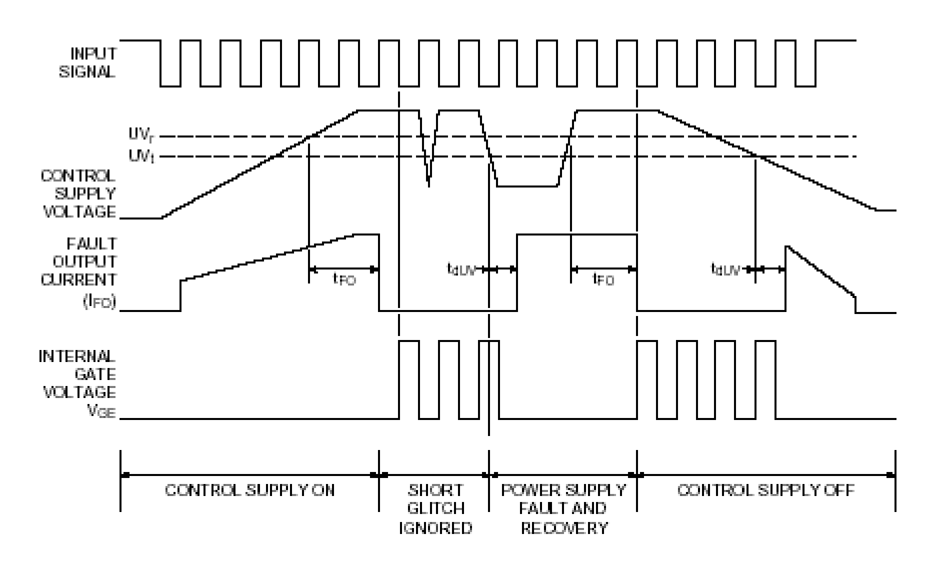
T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



如果 IPM 其中有一种保护电路工作，IGBT 就关断并输出一个故障信号 FO。

a. 控制电源欠压锁定（UV）

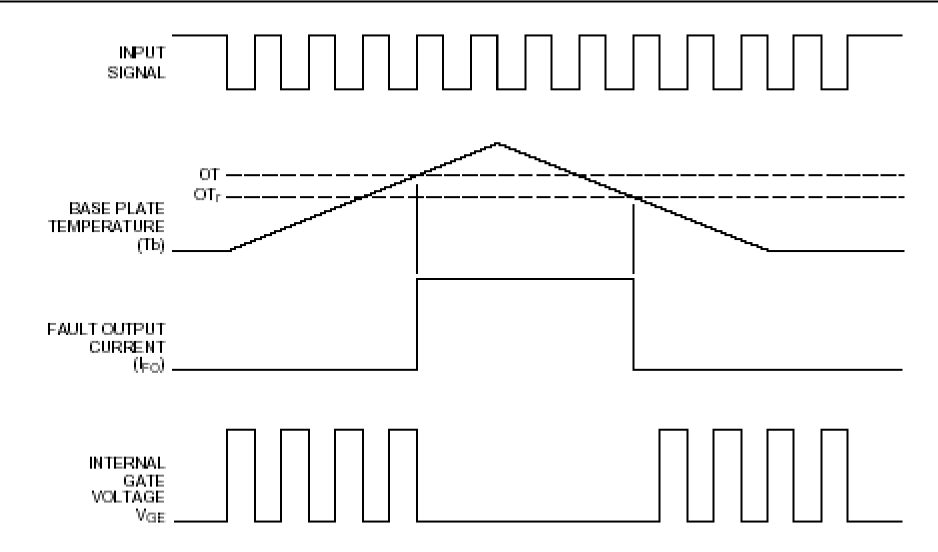
如果某种原因导致控制电压符合欠压条件，该功率器件会关断 IGBT 并输出故障信号。如果毛刺干扰时间小于规定的 Td（UV）则不会出现保护动作。



b. 过热保护（OT）

在绝缘基板上安装有温度探头，如果超过数值 IPM 会截止栅极驱动，直到温度恢复正常(应避免反复动作)。

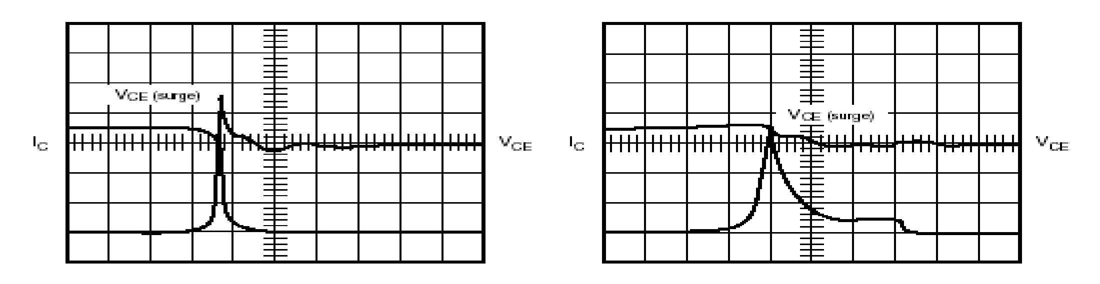
T: 021-64764189　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



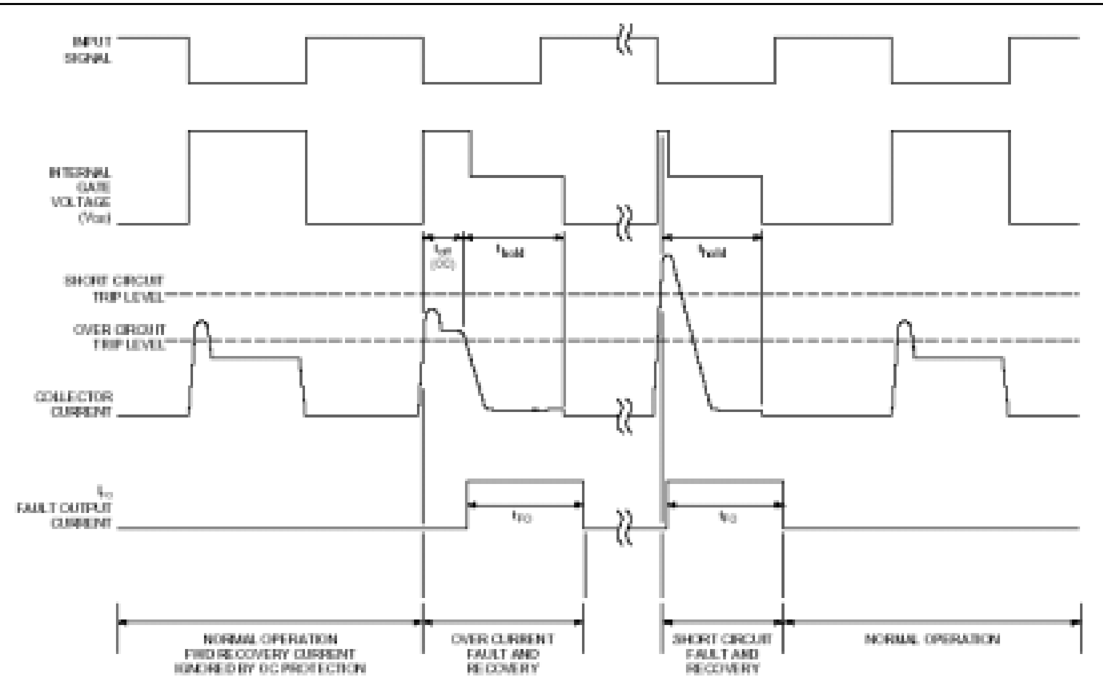
c．过流保护（OC）

如果 IGBT 的电流超过数值并大于时间 toff(OC),IGBT 被关断，典型值：10μS

超过 OC 数值但时间小于 toff(oc)的电流并无大碍，故 IPM 不于理财。当检测出过电流时，IGBT 会被有效的软关断。

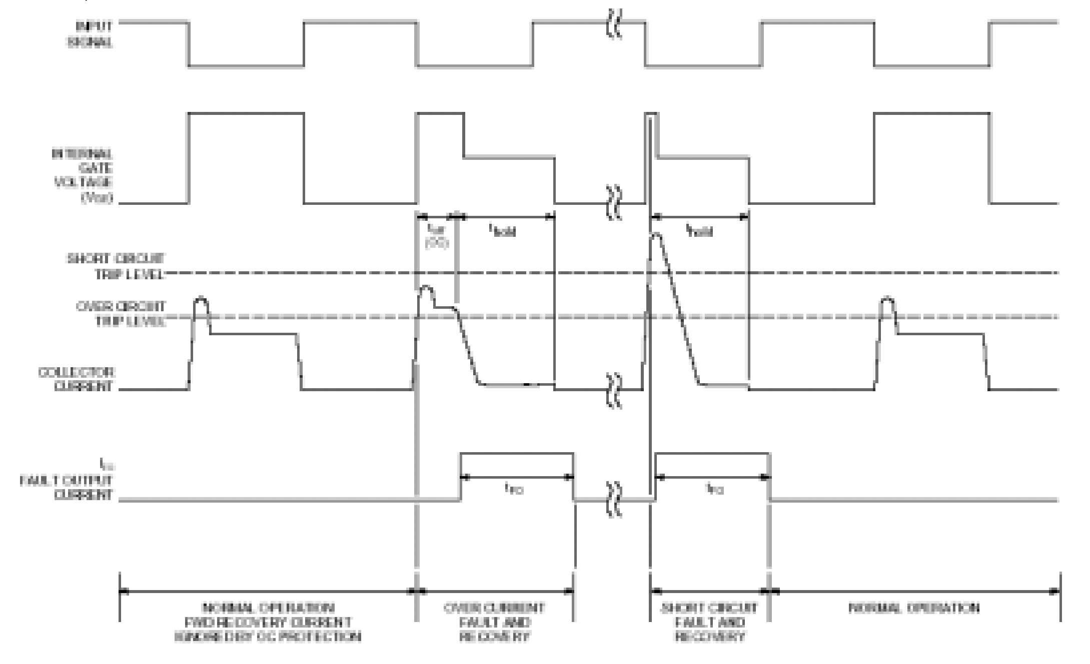


T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

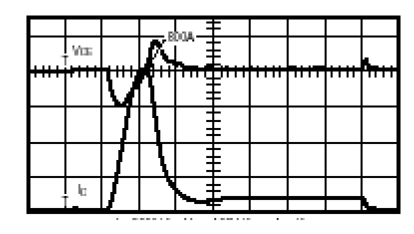


d. 短路保护（SC）

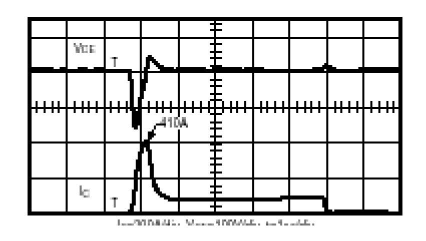
当发生负载短路或上下臂直通时，IPM 立即关断 IGBT 并输出故障信号。新型 IPM 采用了实时电流检测技术 RTC（real time current control circuit）技术，使响应时间小于 100nS。



T: 021-64764189　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



不带 RTC 技术的波形



带 RTC 技术的波形

4. 5. IPM 的选用

选用 IPM
第一：根据 IPM 的过流值确定峰值电流。
电机最大的瞬态值是：

$$IC(\text{峰值}) = \frac{P*OL*\sqrt{2}*R}{\eta*PF*\sqrt{3}*VAC}$$

P=电机功率的额定值；OL=变频器最大过载因数
R=电流脉动因数；η=变频器效率；PF=功率因数；
VAC=线电压表定值；
第二：适当的热设计保证结温永远小于 150℃

4. 6. 控制电路电源

a. IPM 控制功率消耗
控制电路电流 ID 与开关频率 FC 有关；

Type Name	N Side DC Typ.	N Side DC Max	N Side 20kHz Typ.	N Side 20kHz Max.	P Side (Each Supply) DC Typ.	P Side DC Max.	P Side 20kHz Typ.	P Side 20kHz Max.
600V Series								
PM10CSJ060	18	25	23	32	7	10	8	12
PM15CSJ060	18	25	23	32	7	10	8	12
PM20CSJ060	18	25	24	34	7	10	8	12
PM30CSJ060	18	25	24	34	7	10	9	13
PM100CSA060	40	55	78	100	13	18	25	34
PM150CSA060	40	55	80	110	13	18	25	38
PM200CSA060	40	55	85	120	13	18	27	40
PM30RSF060	25	30	32	45	7	10	9	13
PM50RSA060	44	60	70	100	13	18	23	32
PM50RSK060	44	60	70	100	13	18	23	32
PM75RSA060	44	60	75	100	13	18	24	35
PM100RSA060	44	60	78	105	13	18	25	36
PM150RSA060	52	72	72	113	13	18	26	38
PM200RSA060	52	72	85	115	13	18	26	40
PM200DSA060	19	26	30	42	19	26	30	42
PM300DSA060	19	26	35	48	19	26	35	48
PM400DSA060	23	30	40	60	23	30	40	60
PM600DSA060	23	30	50	70	23	30	50	70
PM800HSA060	23	30	50	70	–	–	–	–

600V IPM 控制电流（mA） 1200V IPM 控制电流(mA)

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

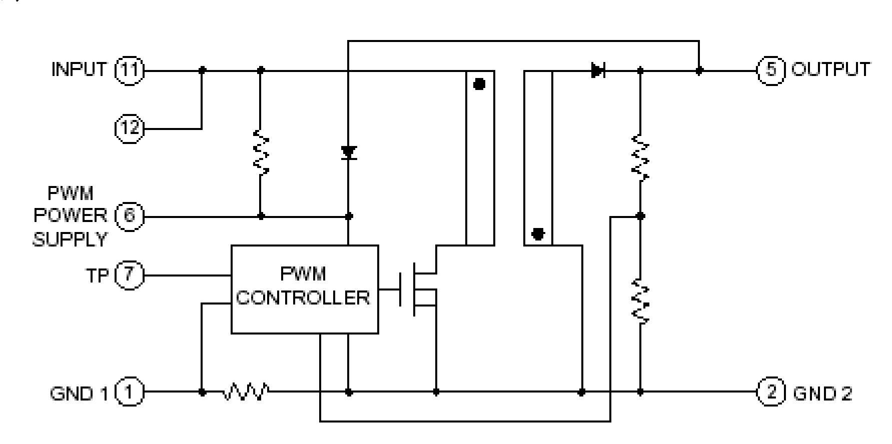
PM10RSH120	25	35	31	44	7	10	9	13
PM10CZF120	18	25			7	10	9	13
PM15RSH120	25	35	32	45	7	10	9	13
PM15CZF120	18	25			7	10	9	13
PM25RSB120	44	60	60	83	13	18	18	25
PM25RSK120	44	60	60	83	13	18	18	25
PM50RSA120	44	60	65	90	13	18	19	27
PM75CSA120	44	60	60	83	13	18	20	28
PM100CSA120	40	55	75	104	13	18	25	35
PM75DSA120	13	20	20	28	13	20	20	28
PM100DSA120	19	26	30	42	19	26	30	42
PM150DSA120	19	26	35	48	19	26	35	48
PM200DSA120	23	30	48	67	23	30	48	67
PM300DSA120	23	30	50	70	23	30	50	70
PM400HSA120	23	30	60	90	–	–	–	–
PM600JSA120	23	30	60	90	–	–	–	–
PM800HSA120	30	40	–	–	–	–	–	–

b.布线指南

六个或七个 IGBT 单元的 IPM 四组隔离的供电电源，两单元或一单元的则在三相大功率中需要六组隔离电源，以避免噪声。

IPM 的控制电源端子应接一个至少 10μF 的退耦电容，该电容帮助过滤共模噪声并提供 IPM 栅极电路所须电流。

c. 电路结构



目前有多种开关电源可提供给不同用处的客户。

4．7．接口电路

a. 接口电路达到要求

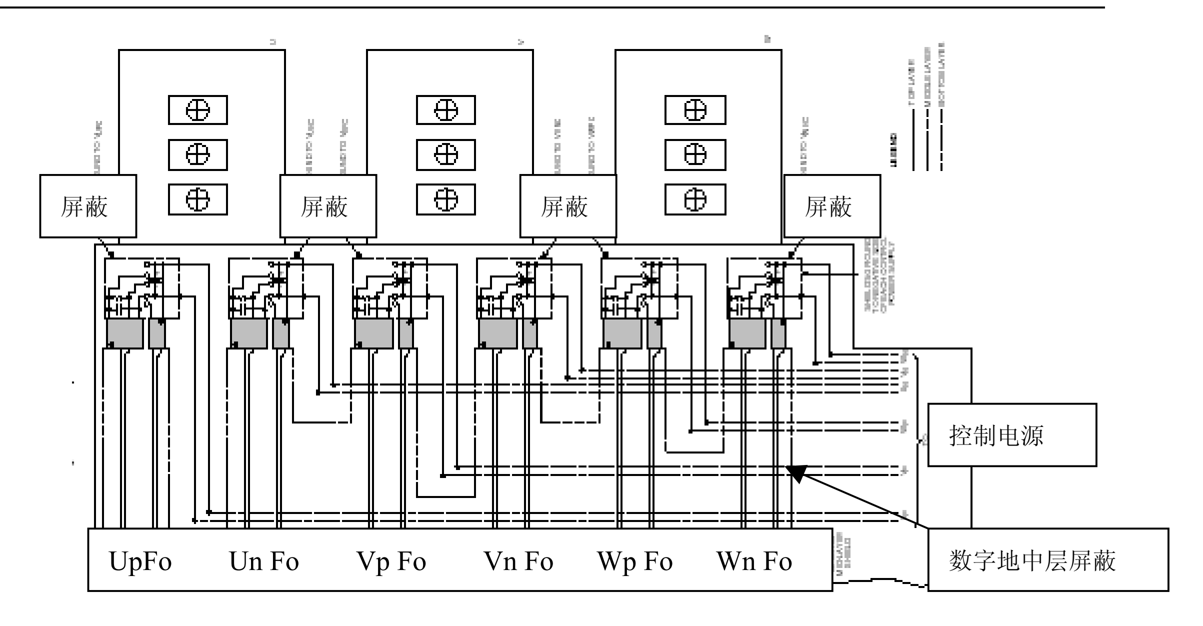
低电平开通高电平截止。

b. 布线指南

接口电路设计主要考虑的是 dv/dt 噪声耦合问题。

不应把 PCB 板上走线布的太过靠近，否则开关使电位发生变化。必须屏蔽！

T：021-64764189　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



推荐光耦：tPLH,tPHL<0.8μS;　　CMR>10KV/μS;

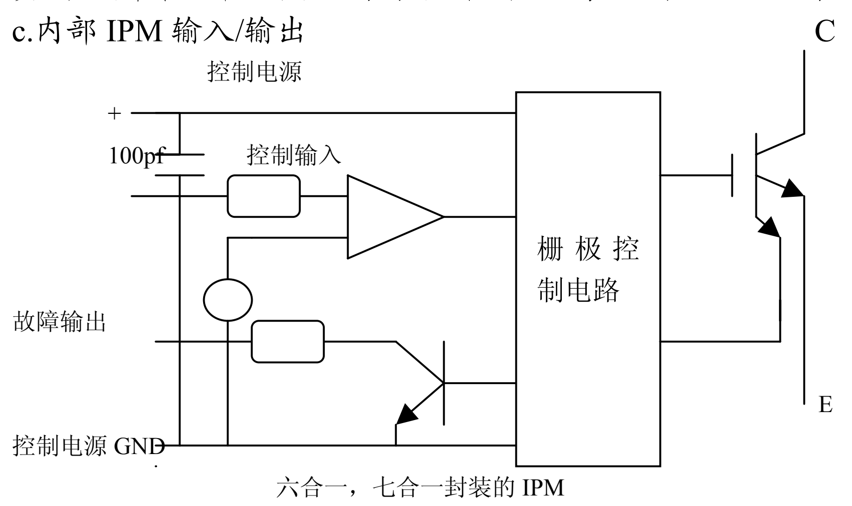
推荐型号：　HCPL4504，在光耦合端接一个 0.1μF 的退耦电容。

控制端上拉电阻应尽可能小以避免高阻抗 IPM 拾取噪声，但又要足够可靠地控制 IPM。

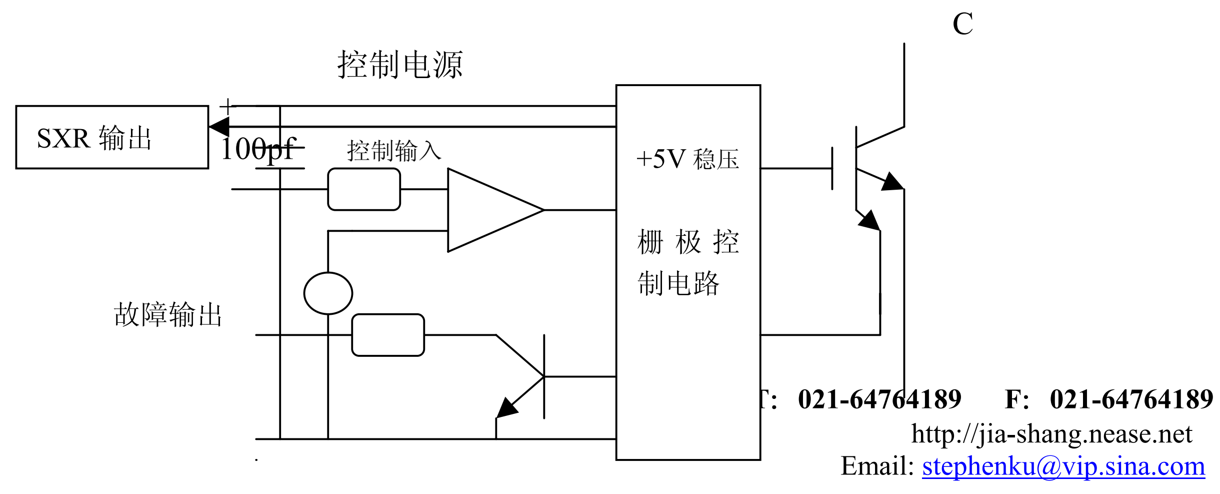
低速光耦可用于故障输出端和制动输入端。

实际应用中某些开关可能不需要用，但输入信号加上拉电阻以保持关断状态。

c.内部 IPM 输入/输出



六合一，七合一封装的 IPM



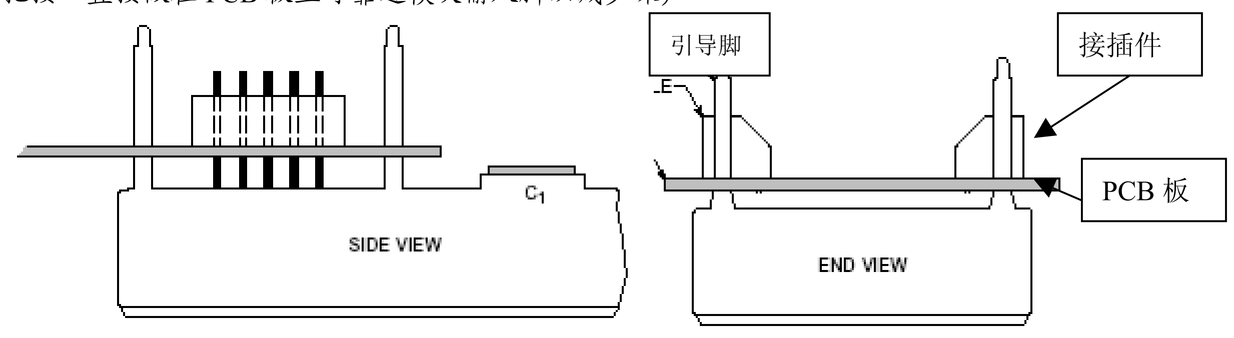
E

控制电源 GND

双管，单管封装的 IPM

c. 接口电路的连接

把接口直接做在 PCB 板上可靠近模块输入脚以减少噪声



Third Generation Intelligent Power Module Type	Connection Method
PM10CSJ060, PM15CSJ060, PM20CSJ060, PM30CSJ060, PM30RSF060, PM50RSK060, PM10RSH120, PM15RSH120	Solder to PCB
PM50RSA060, PM75RSA060, PM100CSA060, PM100RSA060, PM150CSA060, PM150RSA060, PM200CSA060, PM25RSB120, PM50RSA120, PM75CSA120, PM100CSA120	31 Position 2mm Inverse Header Receptacle Hirose P/N: DF10-31S-2DSA (59)
PM50CSD060, PM50RSD060, PM50CSE060, PM50RSE060, PM75CSD060, PM75RSD060, PM75CSE060, PM75RSE060, PM100CSD060, PM100RSD060, PM100CSE060, PM100RSE060, PM150CSD060, PM150RSD060, PM150CSE060, PM150RSE060, PM200CSD060, PM200RSD060, PM200CSE060, PM200RSE060, PM300CSD060, PM300RSD060, PM300CSE060, PM300RSE060	
PM200DSA060, PM300DSA060, PM400DSA060, PM600DSA060, PM75DSA120, PM100DSA120, PM150DSA120, PM200DSA120, PM300DSA120,PM400HSA120, PM600HSA120	5 Position 2.54mm (0.1") Inverse Header Receptacle Method P/N: 1000-205-2105 Hirose P/N: MDF7-5S-2.54DSA

用于第三代 IPM 连接器示例

d. 死区时间（tdead）

为了防止上下臂直通要求在上下开通信号之间留时间，数据手册上规定了 2 种不同的值。

直接从 IPM 输入端测量的 tdead;

光耦输入端的 tdead: 通过高速光耦可减小死区时间。

e. FO 输出信号的使用

当 TFO=1.8mS（典型值）有效时，IPM 会关断开关并使输入无效。在 FO 结束后，自动复位，同时使输入有效。在 FO 输出时系统必须在 1.8mS 内使 PWM 信号无效，等故障排除后方可重新有效。

必须避免重复故障而导致结温升高损坏 IPM。系统可通过检测 tFO 时间长度来确定是过流还是短路引起（1.8mS），过热时间会长一些。过热复位一般要等基板冷却到 OTR 以下需要几十秒钟。

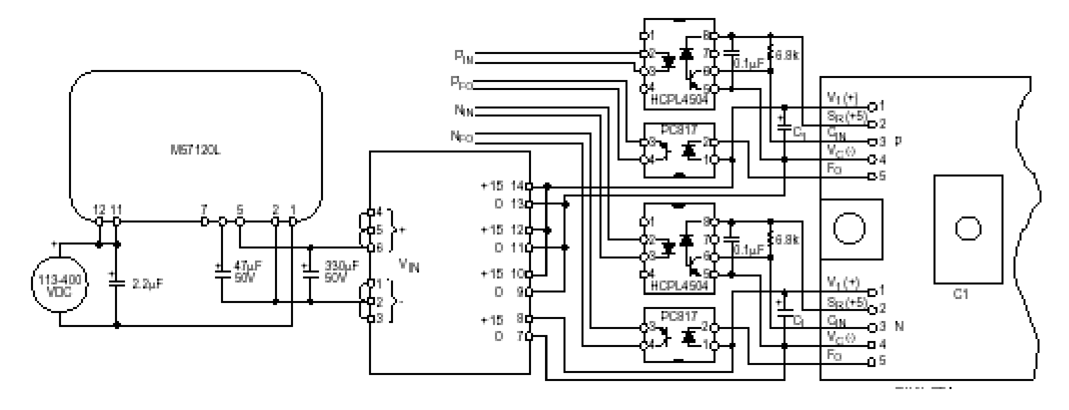
f. 七单元接口示例

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

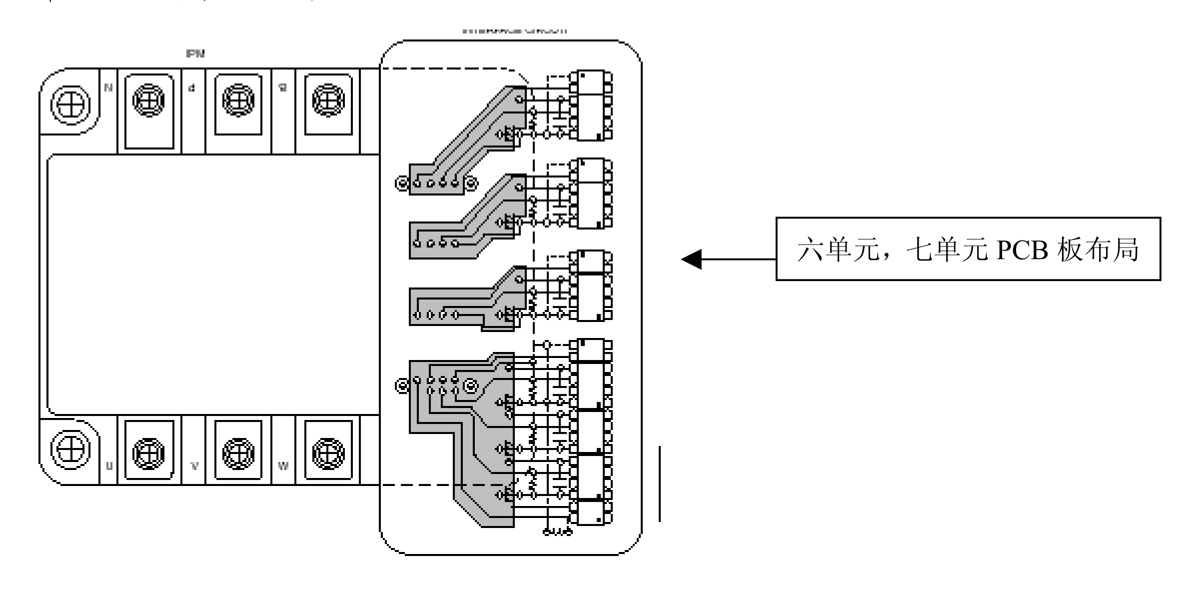
M57140L 供电电源

M57140L 提供四组+15V 隔离电源，

T：021-64764189　　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

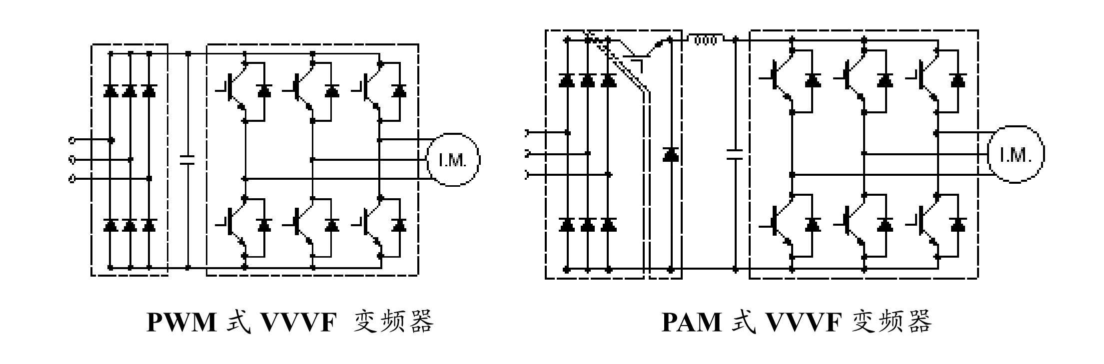


双单元 IPM 隔离接口电路



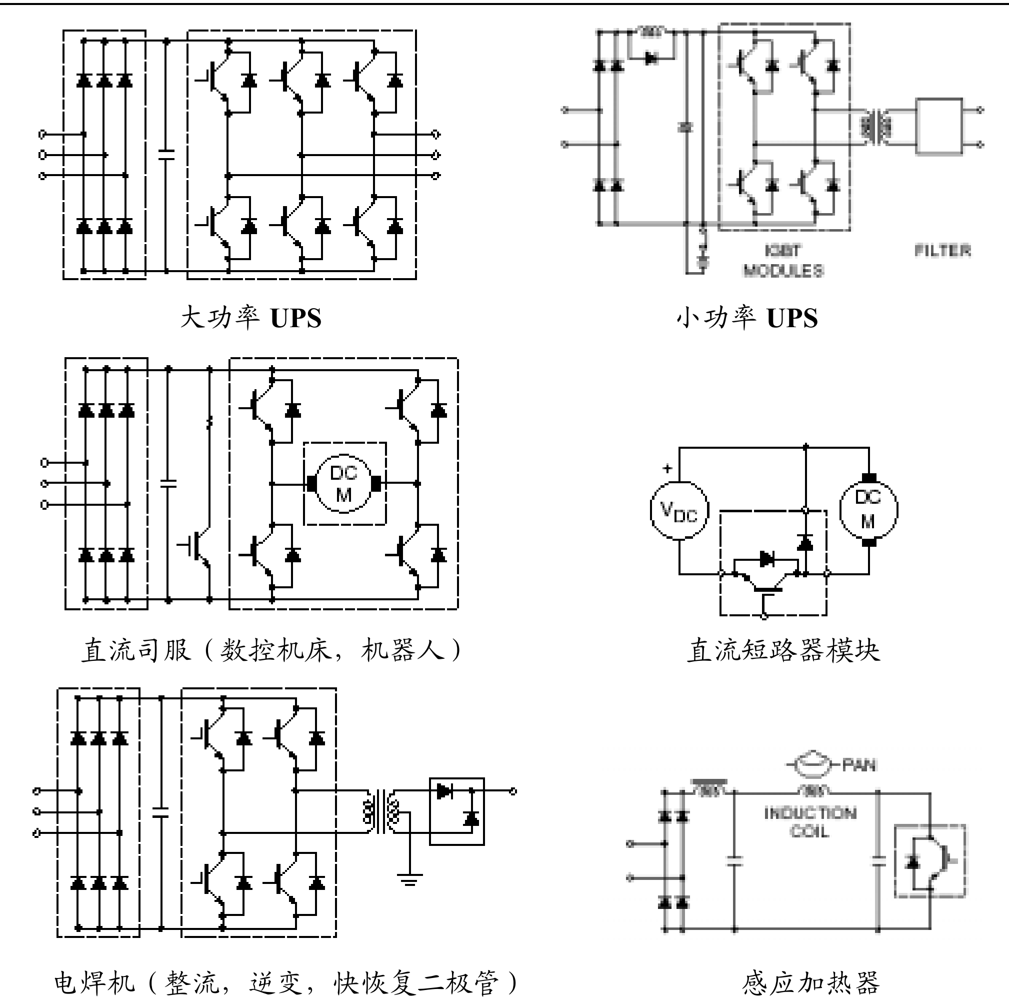
六单元，七单元 PCB 板布局

g. 功率器件的一些典型应用:



PWM 式 **VVVF** 变频器　　**PAM** 式 **VVVF** 变频器

T: 021-64764189　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



大功率 **UPS**

小功率 **UPS**

直流司服（数控机床，机器人）

直流短路器模块

电焊机（整流，逆变，快恢复二极管）

感应加热器

T：021-64764189 F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

七单元接口电路及设计参数

型号	额定电流	旁路电容
PM30RSF060	30A	0.　3μF
PM50RSK060	50A	0.　47μF
PM75RSA060	75A	1μF

T: 021-64764189　　F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

PM100RSA060	100A	1μF
PM10RSH120	10A	0. 1μF
PM25RSB120	25A	0. 22μF
PM50RSA120	50A	0. 47μF

六单元 **IPM** 接口电路

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

型号	额定电流	旁路电容
PM20CSJ060	20A	0.　1μF
PM30CSJ060	30A	0.　3μF
PM100CSA060	100A	1.0μF
PM150CSA060	150A	1.5μF
PM200CSA060	200A	2.2μF
PM75CSA120	75A	1.0μF
PM100CSA120	100A	1.0μF

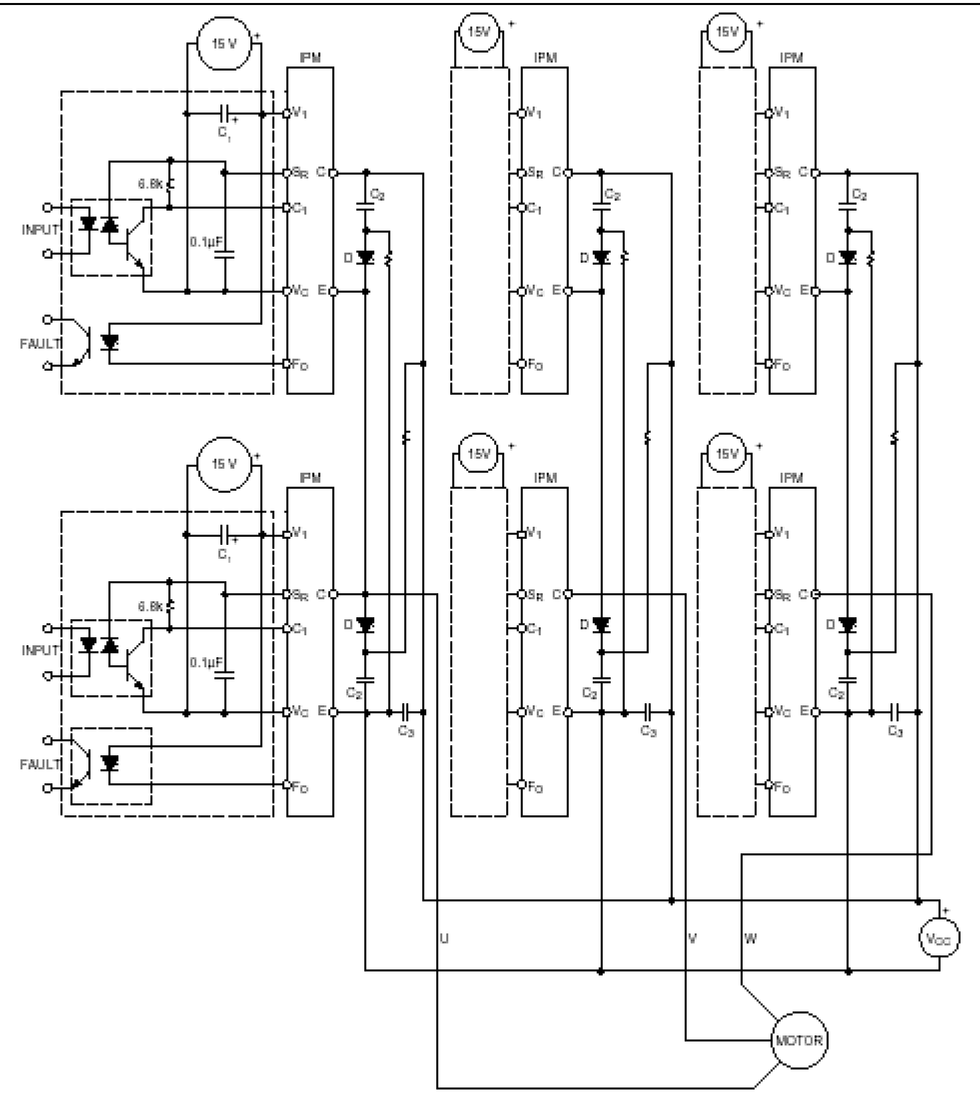
双 单 元 IPM 接口电路及设计参数

型号	额 定 电 流	旁路电容（C1）	吸收电容（C2）

T：021-64764189　　F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

	（A）		
600V 耐压			
PM200DSA060	200	47μF	2. 0μF
PM300DSA060	300	47μF	3. 0μF
PM400DSA060	400	68μF	4. 0μF
PM400DVA060	400	68μF	4. 0μF
PM600DSA060	600	68μF	6. 0μF
PM600DVA060	600	68μF	6. 0μF
1200V 耐压			
PM75DSA120	75	22μF	0. 68μF
PM100DSA120	100	47μF	1. 5μF
PM150DSA120	150	47μF	2μF
PM200DSA120	200	68μF	3. 0μF

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



型号	额定电流	旁路电容 C1	吸收电容 C2	直流旁路 C3	吸收二极管
600V Modules					
PM800HSA060	800	68μF	3.0μF	6.0μF	RM50HG-12S (2 pc. parallel)
1200V Modules					
PM400HSA120	400	68μF	1.5μF	4.0μF	RM25HG-24S
PM600HSA120	600	68μF	2.0μF	6.0μF	RM25HG -24S (2 pc. parallel)
PM800HSA120	800	68μF	3.0μF	6.0μF	RM25HG-24S (3 pc. parallel)

一单元 IPM 接口及设计参数

h 一般变频系统结构图

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com

U V W

IPM IPM IPM

3-PHASE INPUT

A B C

LAMINATED BUS STRUCTURE

MAIN FILTER

RECTIFIER BRIDGE

PRINTED CIRCUIT BOARD CONTAINING INTERFACE CIRCUITS AND ISOLATED POWER SUPPLIES

印刷板

INPUT COMMON MODE NOISE FILTER AND MOV SURGE PROTECTION

C = 470pF STYLE 2 & 3
C = 2200pF STYLE 1

HEAT SINK GROUND

MICRO-CONTROLLER PWM GENERATOR

吸收

CONTROL PRINTED CIRCUIT BOARD

SNUBBER CIRCUIT

CAPACITOR

电容

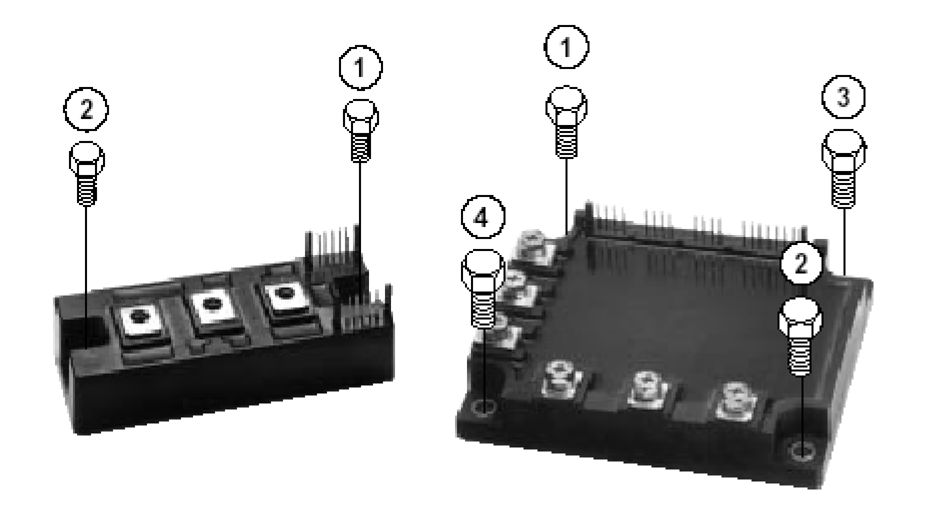
散热器

HEAT SINK

COPPER-INSULATOR-COPPER SANDWICH

I. 安装顺序

T: 021-64764189 F: 021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com



T：021-64764189 F：021-64764189
http://jia-shang.nease.net
Email: stephenku@vip.sina.com